

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-131610

(43)Date of publication of application : 12.05.2000

---

(51)Int.Cl.

G02B 15/16

G02B 13/18

---

(21)Application number : 10-307337

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing :

28.10.1998

(72)Inventor : SUEYOSHI MASASHI

---

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small-sized zoom lens of about three-variable power ratio suitable for a small-sized image pickup device such as a video camera and a digital still camera etc.

SOLUTION: The zoom lens 1 is constituted of a 1st lens group GR1 whose refractive power is positive, a 2nd lens group GR2 whose refractive power is negative, a 3rd lens group GR3 whose refractive power is positive and a 4th lens group GR4 whose refractive power is positive in order from an object side to an image field IMG side, and zooming is accomplished by moving the 2nd lens group GR2 and the 4th lens group GR4. In this case, the 1st lens group GR1 is constituted of a 1st single lens L1 whose refractive power is negative, a prism P for bending an optical path and a 2nd single lens L2 whose refractive power is positive in order from the object side.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st lens group that has positive refracting power from the object side in order to the image surface side.

The 2nd lens group that has negative refracting power.

The 3rd lens group that has positive refracting power.

Positive refracting power.

It is the zoom lens provided with the above and was constituted by the 2nd lens of the 1st lens of a single lens in which the 1st lens group of the above has negative refracting power sequentially from the object side, a prism with which an optical path is

bent and a single lens which has positive refracting power.

[Claim 2] The zoom lens according to claim 1 characterized by making it satisfy the following conditions.

$ndL1 > 1.75$  and  $ndL1 < 30$  however  $ndL1$ : — a refractive index in d line of the 1st lens and  $ndL1$ : — it is considered as an Abbe number in d line of the 1st lens.

[Claim 3] The zoom lens according to claim 1 constituting a field of at least 1 of the 1st lens according to an aspheric surface.

[Claim 4] The zoom lens according to claim 1 making into a convex a field it turned [field] to the object side of the 1st lens.

[Claim 5] The zoom lens according to claim 2 making into a convex a field it turned [field] to the object side of the 1st lens.

[Claim 6] The zoom lens according to claim 3 making into a convex a field it turned [field] to the object side of the 1st lens.

[Claim 7] The zoom lens according to claim 1 constituting the at least 1st of each fields of a lens which constitutes the 4th lens group according to an aspheric surface.

[Claim 8] The zoom lens according to claim 2 constituting the at least 1st of each fields of a lens which constitutes the 4th lens group according to an aspheric surface.

[Claim 9] The zoom lens according to claim 3 constituting the at least 1st of each fields of a lens which constitutes the 4th lens group according to an aspheric surface.

[Claim 10] The zoom lens according to claim 4 constituting the at least 1st of each fields of a lens which constitutes the 4th lens group according to an aspheric surface.

[Claim 11] The zoom lens according to claim 5 constituting the at least 1st of each fields of a lens which constitutes the 4th lens group according to an aspheric surface.

[Claim 12] The zoom lens according to claim 6 constituting the at least 1st of each fields of a lens which constitutes the 4th lens group according to an aspheric surface.

[Claim 13] A zoom lens indicated to claim 1 satisfying the following conditions.

$4.5 < f_{GR1}/fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 14] A zoom lens indicated to claim 2 satisfying the following conditions.

$4.5 < f_{GR1}/fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 15] A zoom lens indicated to claim 3 satisfying the following conditions.

$4.5 < f_{GR1}/fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 16] A zoom lens indicated to claim 4 satisfying the following conditions.

$4.5 < f_{GR1}/fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 17] A zoom lens indicated to claim 5 satisfying the following conditions.

$4.5 < f_{GR1}/fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 18] A zoom lens indicated to claim 6 satisfying the following conditions.  
 $4.5 < f_{GR1} / fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 19] A zoom lens indicated to claim 7 satisfying the following conditions.  
 $4.5 < f_{GR1} / fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 20] A zoom lens indicated to claim 8 satisfying the following conditions.  
 $4.5 < f_{GR1} / fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 21] A zoom lens indicated to claim 9 satisfying the following conditions.  
 $4.5 < f_{GR1} / fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 22] A zoom lens indicated to claim 10 satisfying the following conditions.  
 $4.5 < f_{GR1} / fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 23] A zoom lens indicated to claim 11 satisfying the following conditions.  
 $4.5 < f_{GR1} / fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

[Claim 24] A zoom lens indicated to claim 12 satisfying the following conditions.  
 $4.5 < f_{GR1} / fw < 12$  however  $f_{GR1}$ : Consider it as a focal distance of the 1st lens group and a focal distance in a wide end of fw: lens whole system.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optimal zoom lens with a variable power ratio of about 3 times for a small video camera, a digital still camera, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, if it is in small imaging devices such as a video camera and a digital still camera, much more miniaturization is called for, and the lens for photography and the miniaturization according to [especially a zoom lens] to shortening of an overall length, etc., are called for in connection with this.

[0003] If it is in the above-mentioned lens for photography and the thing for digital still cameras, especially the demand to a zoom lens including the wide angle region whose field angle in a wide angle end is about 70–80 degrees is increasing with the miniaturization and improvement in lens performance is also simultaneously called for corresponding to high-pixel-izing of an image sensor.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As a small zoom lens for small imaging

device there is a zoom lens of 2 group composition of the retrofocus type which comprises the 1st lens group that has a negative refractive index and the 2nd lens group that has positive refracting power sequentially from the object side. However, if it is in the zoom lens of such 2 group composition it is difficult to enlarge a variable power ratio and since an overall length also changes in connection with zooming operation as a small object for imaging equipment it is disqualified.

[0005] There is a zoom lens of 4 group composition which comprises the 1st lens group that has positive refracting power, the 2nd lens group (BARIETA) that has negative refracting power, the 3rd lens group (compensator) that has positive refracting power, and the 4th lens group (master) that has positive refracting power sequentially from the object side. However, since an overall length becomes long, the zoom lens of such 4 group composition is disqualified as a small object for imaging equipment.

[0006] The 1st lens group that has positive refracting power sequentially from the zoom lens [which was indicated to JP8-248318A] i.e. object side. Like the zoom lens of 4 group composition which comprises the 2nd lens group (BARIETA) that has negative refracting power, the 3rd lens group (compensator) that has positive refracting power, and the 4th lens group (master) that has positive refracting power. Arrange prism between the lenses of the position by the side of the object of the 1st lens group and prism is inserted for the 1st lens group in between. Although divide into the lens group which has positive refracting power in the object side at the negative and image surface side and an afocal system is constituted and there are some which shortened order length by bending an optical path with prism. There was a problem that this type of zoom lens will have much composition number of sheets of a lens, its overall length will moreover also still be long and a manufacturing cost will also become high.

[0007] This invention makes it a technical problem to provide a small zoom lens with an optimal variable power ratio [for small imaging equipments such as a video camera and a digital still camera] of about 3 times in view of the above-mentioned problem.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve an aforementioned problem, this invention zoom lens. The 1st lens group that has positive refracting power from the object side in order to the image surface side and the 2nd lens group that has negative refracting power. In a zoom lens which was made to perform zooming by comprising the 3rd lens group that has positive refracting power and the 4th lens group that has positive refracting power and moving the 2nd lens group of the above and the 4th lens group. The 2nd lens of the 1st lens of a single lens which has negative refracting power for the 1st lens group sequentially from the object side, prism which bends an optical path and a single lens which has positive refracting power constitutes.

[0009] Therefore it becomes possible to miniaturize a zoom lens with an optimal variable power ratio [for small imaging equipments such as a video camera and a digital still camera] of about 3 times.

[0010]

[Embodiment of the Invention]Below the embodiment of this invention zoom lens is described with reference to an accompanying drawing. As for drawing 1 thru/or drawing 4 the 1st embodiment (numerical example 1) drawing 5 or drawing 8 shows a 3rd embodiment (numerical example 3) respectively as for the 2nd embodiment (numerical example 2) drawing 9 or drawing 12.

[0011] Introduction and the common matter in each embodiment are explained.

[0012] In the following explanation from the object side count "Si" and The i-th field Ri The curvature radius of the above-mentioned field Si the spacing between the "di" object side to the i-th field and the i+1st fields The refractive index in d line (wavelength of 587.6 nm) of the i-th lens (Li) and "ndLi" shall show the Abbe number in d line of the i-th lens (Li) shall show the focal distance of the lens whole system and as for "ndLi" Fno. shall show an open F value and "omega" half field angle. However as for that by which PLP gas I Rand CG were added after nd or nud the refractive index or Abbe number of a cover glass of prisma low pass filter an infrared cut filter and an image sensor shall be shown respectively.

[0013] That from which a lens side is constituted by the aspheric surface is also contained in the lens used in each embodiment.

[0014] If aspherical surface shape sets the curvature radius in "x" and a lens vertex to "r" and sets a cone constant to "kappa" for the depth (distance of the optical axis direction from the peak of a lens side) of an aspheric surface  $x = (y^2/r) / 1 + (1 - \text{kappa} - y^2/r^2)^{1/2} + C_4 y^4 + C_6 y^6 + C_8 y^8 + C_{10} y^{10}$  and  $y^{10}$  shall define. C4 C6 C8 and C10 are the 4th aspheric surface coefficients [ 6th / 8th / 10th ] respectively.

[0015] The zoom lenses 12 and 3 in the 1st thru/or the 3rd example As shown in drawing 1 drawing 5 and drawing 9 4th lens group GR4 which has 1st lens group GR1 which has positive refracting power in order to the image surface IMG side 2nd lens group GR2 which have negative refracting power 3rd lens group GR3 which have positive refracting power and positive refracting power from the object side is comprised. The prism with which the zoom lenses 1 thru/or 3 have been arranged [ two lenses and in the meantime ] to which 1st lens group GR1 changes from the 1st lens L1 and the 2nd lens L2 three lenses and 3rd lens group GR3 to which 2nd lens group GR2 changes from the 3rd lens L3 the 4th lens L4 and the 5th lens L5 -- 6th lens L6 -- and 4th lens group GR4 is a thing of four nine group composition which has three lenses which comprise the 7th lens L7 the 8th lens L8 and the 9th lens L9 respectively.

[0016] It extracts between 2nd lens group GR2 and 3rd lens group GR3 and low pass filter LP gas and cover glass CG of the infrared cut filters IR and CCD are arranged for ID sequentially from the object side between 4th lens group GR4 and the image surface IMG.

[0017] And it is made to perform zooming by moving the above-mentioned 2nd lens group GR2 and 4th lens group GR4 When carrying out zooming to a long focus

distance end (tele edge) from a short focal length end (wide angle end) 2nd lens silver GR2 moves 4th lens group GR4 to the image surface side from the object side so that an image position may be held.

[0018] It succeeds in the focus adjustment of the zoom lenses 1 thru/or 3 by moving 4th lens group GR4.

[0019] The 2nd lens L2 of the single lens which has the 1st lens L1 of the single lens of the meniscus shape which has negative refracting power the prism P which bends 90 degrees of optical paths and positive refracting power sequentially from the object side constitutes 1st lens group GR1.

[0020] As for the zoom lenses 1 thru/or 3 it is preferred that satisfy the following conditional expressions 1 and conditional expressions 2 or at least one field constitutes according to an aspheric surface among each field of the 1st lens L1 of a part.

$ndL1 > 1.75$  (conditional expression 1)

$nudL1 < 30$  (conditional expression 2)

However  $ndL1$  is a refractive index in d line of the 1st lens L1 and  $nudL1$  is an Abbe number in d line of the 1st lens L1.

[0021] The conditional expression 1 is for specifying the yield of a distortion aberration with the 1st lens L1 that is a single lens which has the negative refracting power which constitutes 1st lens group GR1 which has positive refracting power. If the value of  $ndL1$  becomes the outside of the range specified by the conditional expression 1 the yield of a distortion aberration will become large to the refracting power of 1st lens group GR1 needed and it will become impossible that is for the aspheric surface of 4th lens group GR4 to amend this.

[0022] The conditional expression 2 is for specifying the yield of the chromatic aberration by L1 with the 1st lens that is a single lens which has the negative refracting power which constitutes 1st lens group GR1 which has positive refracting power. That is if the value of  $nudL1$  becomes the outside of the range specified by the conditional expression 2 the yield of the chromatic aberration within the 1st lens group GR1 that has positive refracting power will become large and it will become difficult [ the whole lens system ] to amend this.

[0023] As for the field S1 by the side of the object of the 1st lens L1 of the zoom lenses 1 thru/or 3 it is preferred that it is a convex towards the object side. This is because the negative distortion aberration which the above-mentioned field S1 generates on this concave surface S1 as it is concave towards the object side becomes large and it becomes difficult to amend this in the lens whole system.

[0024] It is desirable that at least one field is constituted by the aspheric surface among each field of the lens which constitutes 4th lens group GR4 of the zoom lenses 1 thru/or 3 and for at least one field of the lens especially located most in the image surface side to be constituted by the aspheric surface.

[0025] Thus if an aspheric surface constitutes at least one field among the lens sides

in the 4th lens group GR4. Can amend now the negative distortion aberration in the wide angle end generated by 1st lens group GR1 and by this, Power of the single lens (the 1st lens) L1 which has the negative refracting power of 1st lens group GR1 can be strengthened now and a larger field angle can be obtained now.

[0026] As for the zoom lenses 1 thru/or 3 it is preferred to constitute so that the following conditional expressions 3 may be satisfied.

$4.5 < f_{GR1}/fw < 12$  (conditional expression 3)

However  $f_{GR1}$  is a focal distance of 1st lens group GR1 and  $fw$  is a focal distance in the wide angle end of the lens whole system.

[0027] The conditional expression 3 specifies the ratio of the focal distance of 1st lens group GR1 which has positive refracting power and the focal distance of the lens whole system. Namely if the value of  $f_{GR1}/fw$  becomes 4.5 or less the positive power of 1st lens group GR1 will become strong too much. [whether with this single lens L2 amendment of a spherical aberration becomes whether to be impossible by 2nd lens L2 power which has the positive refracting power in the 1st lens group GR1 and which is a single lens becoming large and] Or the power of the 1st lens that is a single lens which has negative refracting power will become weak and sufficient wide field angle-ization will become difficult. If the value of  $f_{GR1}/fw$  becomes 12 or more the positive power of 1st lens group GR1 will become weak too much the overall length of the zoom lenses 1 thru/or 3 will become long and a miniaturization will become difficult.

[0028] Next the peculiar matter of the zoom lenses 1 thru/or 3 concerning the 1st thru/or the 3rd example is explained.

[0029] Each numerical value of the zoom lens 1 is shown in Table 1. The field which wrote (ASP) in addition after the numerical value of  $R_i$  is constituted by the aspheric surface (Table 4 and 7 which are mentioned later are also the same.).

[0030]

[Table 1]

[0031] As shown in the above-mentioned table 1 in connection with zooming of the zoom lens 1 and focusing operation the spacing  $d7$ ,  $d12$ ,  $d15$  and  $d19$  are variable (variable). Therefore each numerical value of  $d7$  in the middle focal position ( $f = 9.0$ ) of a wide angle end ( $f = 5.3$ ) a tele edge ( $f = 15.6$ ) and a wide angle end and a tele edged  $d12$ ,  $d15$  and  $d19$  and  $FNo.$  and  $\omega$  are shown in Table 2.

[0032]

[Table 2]

[0033] The field S19 by the side of the field S14 by the side of the object of 6th lens L6 of 3rd lens group GR3 and the image surface of the 9th lens L9 of 4th lens group

GR4 is constituted by the aspheric surface. The 4th aspheric surface coefficient C [ 6th / 8th / 10th ] 4 of the above-mentioned fields S14 and S19 and C6C8and C10 are shown in following Table 3.

[0034]

[Table 3]

[0035]"E" in the above-mentioned table 3 shall mean the exponential notation which uses 10 as a bottom. (Also setting to the Table 7 and 11 which are mentioned later the same.).

[0036]The figure showing the spherical aberration in the middle focal position and tele edge of a wide angle end a wide angle end and a tele edge of the zoom lens 1 astigmatism and a distortion aberration is shown in drawing 2 thru/or drawing 4 respectively. In a spherical aberration figure a solid line e line (wavelength of 546.1 nm) and a dotted line (dashed line with a shorter pitch) C line (wavelength of 656.3 nm) A value [ in / the dashed line can set a dashed dotted line on d line can be set to an F line (wavelength of 486.1 nm) and / in a two-dot chain line / g line (wavelength of 435.8 nm) ] is shown and a value [ in / a solid line can be set to a sagittal image surface and / in a dashed line / a meridional image surface ] is shown in an astigmatic figure.

[0037]In the above-mentioned zoom lens 1 it is also made to manufacture by constituting 4th lens group GR4 with the cemented lens of the three lenses L7L8and L9 easily by making small \*\*\*\* of the image surface by the eccentricity within the 4th lens group GR4.

[0038]Each numerical value of the zoom lens 2 is shown in Table 4.

[0039]

[Table 4]

[0040]As shown in the above-mentioned table 4 in connection with zooming of the zoom lens 2 and focusing operation the spacing d7d12d15and d20 are variable (variable). Therefore each numerical value of d7 in the middle focal position ( $f = 9.0$ ) of a wide angle end ( $f = 5.3$ ) a tele edge ( $f = 15.5$ ) and a wide angle end and a tele edged d12d15and d20 and FNo. and  $\omega$  are shown in Table 5.

[0041]

[Table 5]

[0042]The field S14 by the side of the object of 6th lens L6 of 3rd lens group GR3 the field S19 by the side of the object of the 9th lens L9 of 4th lens group GR4 and the field S20 by the side of the image surface are constituted by the aspheric surface.



The 4th aspheric surface coefficient C [ 6th / 8th / 10th ] 4 of the above-mentioned field S14S19and S20 and C6C8and C10 are shown in following Table 6.

[0043]

[Table 6]

[0044]The figure showing the spherical aberration in the middle focal position and tele edge of a wide angle end a wide angle end and a tele edge of the zoom lens 2astigmatism and a distortion aberration is shown in drawing 6 thru/or drawing 8respectively. In a spherical aberration figure a line and a dotted line show a value [ in / the dashed line can set C line and a dashed dotted line on d line can be set to an F line and / in a two-dot chain line / g line ] and a solid line shows a value [ in / a solid line can be set to a sagittal image surface and / in a dashed line / a meridional image surface ] in an astigmatic figure.

[0045]In the zoom lens 2the aspheric surface lens made from a plastic is used for the 9th lens L9 of 4th lens group GR4and the zoom lens which can be cheaply manufactured with a miniaturization and highly efficient-ization is constituted.

[0046]Each numerical value of the zoom lens 3 is shown in Table 7.

[0047]

[Table 7]

[0048]As shown in the above-mentioned table 7in connection with zooming of the zoom lens 3and focusing operationthe spacing d7d12d15and d19 are variable (variable). Thereforeeach numerical value of d7 in the middle focal position ( $f=9.0$ ) of a wide angle end ( $f=5.3$ ) a tele edge ( $f=15.5$ ) and a wide angle end and a tele edged12d15and d19 and FNo. and omega are shown in Table 8.

[0049]

[Table 8]

[0050]The field S19 by the side of the field S2 by the side of the image surface of the 1st lens L1 of the 1st lens groupthe field S14 by the side of the object of 6th lens L6 of 3rd lens group GR3and the image surface of the 9th lens L9 of 4th lens group GR4 is constituted by the aspheric surface. The 4th aspheric surface coefficient C [ 6th / 8th / 10th ] 4 of the above-mentioned field S2S14and S19 and C6C8and C10 are shown in following Table 3.

[0051]

[Table 9]

[0052]He is trying to amend the spherical aberration in a curvature of field and a long focus distance region in the zoom lens 3 by constituting the field S2 by the side of the image surface of the 1st lens L1 in the 1st lens group GR1 according to an aspheric surface as described above.

[0053]The figure showing the spherical aberration in the middle focal position and tele edge of a wide angle end, a wide angle end and a tele edge of the zoom lens 3, astigmatism and a distortion aberration is shown in drawing 10 thru/ or drawing 12 respectively. In a spherical aberration figure, a solid line and a dotted line show a value [in / the dashed line can set C line and a dashed dotted line on d line can be set to an F line and / in a two-dot chain line / g line] and a solid line shows a value [in / a solid line can be set to a sagittal image surface and / in a dashed line / a meridional image surface] in an astigmatic figure.

[0054]In the above-mentioned zoom lens 3 like the zoom lens 1 in the 1st example by constituting 4th lens group GR4 with the cemented lens of the three lenses L7, L8 and L9, it is also made to manufacture easily by making small \*\*\* of the image surface by the eccentricity within the 4th lens group GR4.

[0055]Each numerical value for searching for the monograph affair of the conditional expressions 1 thru/ or 3 of the zoom lenses 1 thru/ or 3 shown in the above 1st thru/ or the 3rd example and the value of a monograph affair type are shown in following Table 10.

[0056]

[Table 10]

[0057]As for the zoom lenses 1 thru/ or 3 as the conditions of the conditional expressions 1 thru/ or 3 are satisfied and it is shown in each aberration figure in the middle focal position and tele edge of a wide angle end, a wide angle end and a tele edge, various aberrations are also amended with sufficient balances so that clearly also from the above-mentioned table 10.

[0058]Thus since the field angle in a wide angle end fully includes a wide angle area with 74 degrees and various aberrations are also amended good, the zoom lenses 1 thru/ or 3 are preferred as an object for digital still cameras which use an image sensor with many pixel numbers especially.

[0059]The concrete shape and structure of each part which were shown in said embodiment are only what showed a mere example of the embodiment which hits that each carries out this invention and the technical scope of this invention is not restrictively interpreted by these.

[0060]

[Effect of the Invention] So that clearly from the place indicated above this invention zoom lens The 1st lens group that has positive refracting power from the object side in order to the image surface side and the 2nd lens group that has negative refracting

powerIn the zoom lens which was made to perform zooming by comprising the 3rd lens group that has positive refracting powerand the 4th lens group that has positive refracting powerand moving the 2nd lens group of the aboveand the 4th lens groupSince the 2nd lens of the 1st lens of the single lens which has negative refracting power for the 1st lens group sequentially from the object side the prism which bends an optical pathand the single lens which has positive refracting power constitutedA zoom lens with an optimal variable power ratio [ for small imaging equipmentsuch as a video camera and a digital still camera] of about 3 times can be miniaturized.

[0061]If it is in the zoom lens indicated to claim 2Since it was made to satisfy the monograph affair of  $ndL1 > 1.75$  and  $nudL1 < 30$  when the refractive index in d line of the 1st lens and  $nudL1$  were made into the Abbe number in d line of the 1st lens for  $ndL1$  the distortion aberration and chromatic aberration which are generated in the 1st lens group can be amended good.

[0062]Since the aspheric surface constituted the field of at least 1 of the 1st lens if it was in the zoom lens indicated to claim 3the spherical aberration in a curvature of field and a long focus distance region can be amended good.

[0063]Since the field it turned [ field ] to the object side of the 1st lens was made into the convex if it was in the invention indicated to claim 4 thru/or claim 6the negative distortion aberration from which amending in the lens whole system becomes difficult does not become large.

[0064]If it is in the invention indicated to claim 7 thru/or claim 12Since the aspheric surface constituted the at least 1st of each fields of the lens which constitutes the 4th lens groupSince the negative distortion aberration in the wide angle end generated from the 1st lens group 2 can be effectively amended nowit becomes possible to strengthen power of the negative single lens of the 1st lens groupand a larger field angle can be obtained.

[0065]If it is in the invention indicated to claim 13 thru/or claim 24Since it was made to satisfy the conditions of  $4.5 < f_{GR1}/fw < 12$  when  $f_{GR1}$  was made into the focal distance of the 1st lens group and  $fw$  was made into the focal distance in the wide end of the lens whole systemamendment of a spherical aberrationwide-field-angle[ sufficient ]-izingand a miniaturization can be attained.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]With drawing 2 thru/or drawing 4a 1st embodiment of this invention zoom lens is shownand this figure is a schematic diagram showing lens constitution.

[Drawing 2]It is a figure showing the spherical aberration in a wide angle endastigmatismand a distortion aberration.

[Drawing 3] It is a figure showing the spherical aberration in the middle focal position of a wide angle end and a tele edgeastigmatism and a distortion aberration.

[Drawing 4] It is a figure showing the spherical aberration in a tele edgeastigmatism and a distortion aberration.

[Drawing 5] With drawing 6 thru/or drawing 8a 2nd embodiment of this invention zoom lens is shown and this figure is a schematic diagram showing lens constitution.

[Drawing 6] It is a figure showing the spherical aberration in a wide angle end astigmatism and a distortion aberration.

[Drawing 7] It is a figure showing the spherical aberration in the middle focal position of a wide angle end and a tele edgeastigmatism and a distortion aberration.

[Drawing 8] It is a figure showing the spherical aberration in a tele edgeastigmatism and a distortion aberration.

[Drawing 9] With drawing 10 thru/or drawing 12a 3rd embodiment of this invention zoom lens is shown and this figure is a schematic diagram showing lens constitution.

[Drawing 10] It is a figure showing the spherical aberration in a wide angle end astigmatism and a distortion aberration.

[Drawing 11] It is a figure showing the spherical aberration in the middle focal position of a wide angle end and a tele edgeastigmatism and a distortion aberration.

[Drawing 12] It is a figure showing the spherical aberration in a tele edgeastigmatism and a distortion aberration.

[Description of Notations]

1 [ -- The 1st lens group GR2 / -- The 2nd lens group GR3 / -- The 3rd lens group GR4 / -- The 4th lens group L1 / -- The 1st lens L2 / -- The 2nd lens P / -- Prism IMG / -- Image surface ] -- A zoom lens 2 -- A zoom lens 3 -- A zoom lens GR1

---

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テラード* (参考)
G 0 2 B 15/16		G 0 2 B 15/16	2 H 0 8 7
13/18		13/18	

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-307337

(22) 出願日 平成10年10月28日 (1998. 10. 28)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 末吉 正史

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100069051

弁理士 小松 祐治

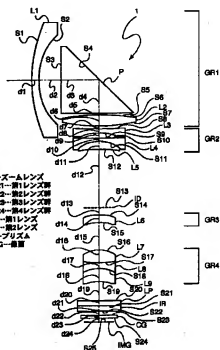
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 ズームレンズ

## (57) 【要約】

【課題】 ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の小型の撮像機器に最適な変倍比3倍程度の小型のズームレンズを提供する。

【解決手段】 物体側から像面 I M G 側へと順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G R 1 と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G R 2 と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G R 3 と、正の屈折力を有する第4レンズ群 G R 4 とから成り、第2レンズ群と第4レンズ群とを移動させることによりズームを行うようにしたズームレンズにおいて、第1レンズ群を物体側から順に、負の屈折力を有する単レンズの第1レンズ L 1、光路を折り曲げるプリズム P、正の屈折力を有する単レンズの第2レンズ L 2 によって構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から像面側へと順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とから成り、上記第2レンズ群と第4レンズ群とを移動させることによりズームを行うようにされたズームレンズにおいて、

上記第1レンズ群が物体側から順に、負の屈折力を有する単レンズの第1レンズ、光路を折り曲げるプリズム、正の屈折力を有する単レンズの第2レンズによって構成されたことを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 以下の条件を満足するようにしたことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

$$ndL1 > 1.75$$

$$vdL1 < 3.0$$

但し、

$ndL1$ ：第1レンズのd線での屈折率、

$vdL1$ ：第1レンズのd線でのアッペ数、

とする。

【請求項3】 第1レンズの少なくとも1の面を非球面によって構成したことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項4】 第1レンズの物体側を向いた面を凸面としたことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項5】 第1レンズの物体側を向いた面を凸面としたことを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【請求項6】 第1レンズの物体側を向いた面を凸面としたことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項7】 第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面を非球面によって構成したことを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項8】 第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面を非球面によって構成したことを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【請求項9】 第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面を非球面によって構成したことを特徴とする請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項10】 第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面を非球面によって構成したことを特徴とする請求項4に記載のズームレンズ。

【請求項11】 第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面を非球面によって構成したことを特徴とする請求項5に記載のズームレンズ。

【請求項12】 第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面を非球面によって構成したことを特徴とする請求項6に記載のズームレンズ。

【請求項13】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、

とする。

【請求項14】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項2に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、

とする。

【請求項15】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項3に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、

とする。

【請求項16】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項4に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、

とする。

【請求項17】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項5に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、

とする。

【請求項18】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項6に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、

とする。

【請求項19】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項7に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、

とする。

【請求項20】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項8に記載したズームレンズ。

$$4.5 < f_{GR1}/f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、とする。

【請求項21】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項9に記載したズームレンズ。

$$4. \quad 5 < f_{GR1} / f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、とする。

【請求項22】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項10に記載したズームレンズ。

$$4. \quad 5 < f_{GR1} / f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、とする。

【請求項23】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項11に記載したズームレンズ。

$$4. \quad 5 < f_{GR1} / f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、とする。

【請求項24】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項12に記載したズームレンズ。

$$4. \quad 5 < f_{GR1} / f_w < 12$$

但し、

$f_{GR1}$ ：第1レンズ群の焦点距離、

$f_w$ ：レンズ全系のワイド端での焦点距離、とする。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、小型のビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等に最適な、変倍比3倍程度のズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の小型撮像装置においては、より一層の小型化が求められており、これに伴って、撮影用レンズ、特に、ズームレンズは全長の短縮等による小型化が求められている。

【0003】また、上記撮影用レンズ、特に、デジタルスチルカメラ用のものにおいては、小型化と共に、広角端での面角が70°〜80°程度の広角域を含むズームレンズに対する要求が高まっており、同時に、撮像素子の高素化に対応してレンズ性能の向上も求められている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】小型撮像装置用の小型のズームレンズとしては、物体側から順に、負の屈折率を有する第1レンズ群と、正の屈折率を有する第2レンズ群とから成るレトロフォーカスタイプの2群構成のズームレンズがある。しかし、このような2群構成のズームレンズにおいては、変倍比を大きくすることが難しく、また、ズーミング動作に伴って全長も変化するので小型の撮像機器用としては不適格である。

【0005】また、物体側から順に、正の屈折率を有する第1レンズ群と、負の屈折率を有する第2レンズ群（バリエータ）と、正の屈折率を有する第3レンズ群（コンベンサー）と、正の屈折率を有する第4レンズ群（マスター）とから成る4群構成のズームレンズがある。しかし、このような4群構成のズームレンズは、全長が長くなってしまいうため、小型の撮像機器用としては不適格である。

【0006】更に、特開平8-248318号公報に記載されたズームレンズ、即ち、物体側から順に、正の屈折率を有する第1レンズ群と、負の屈折率を有する第2レンズ群（バリエータ）と、正の屈折率を有する第3レンズ群（コンベンサー）と、正の屈折率を有する第4レンズ群（マスター）とから成る4群構成のズームレンズのように、第1レンズ群の物体側の位置のレンズと、第1レンズ群の間にプリズムを配置し、第1レンズ群をプリズムに挟んで、物体側に負、像面側に正の屈折率を有するレンズ群に分割してアフォーカル系を構成すると共に、プリズムによって光路を折り曲げることによって前後長を短縮するようにしたものもあるが、このタイプのズームレンズは、レンズの構成枚数が多く、しかも依然として全長も長く、製造コストも高くなってしまいう問題点があった。

【0007】本発明は、上記問題点に鑑み、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の小型の撮像機器に最適な変倍比3倍程度の小型のズームレンズを提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明ズームレンズは、物体側から像面側へと順に、正の屈折率を有する第1レンズ群と、負の屈折率を有する第2レンズ群と、正の屈折率を有する第3レンズ群と、正の屈折率を有する第4レンズ群とから成り、上記第2レンズ群と第4レンズ群とを移動させることによりズーミングを行うようにしたズームレンズにおいて、第1レンズ群を物体側から順に、負の屈折率を有する単レンズの第1レンズ、光路を折り曲げるプリズム、負の屈折率を有する単レンズの第2レンズによって構成したものである。

【0009】従って、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の小型の撮像機器に最適な変倍比3倍程度のズームレンズを小型化することが可能になる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下に、本発明ズームレンズの実施の形態について、添付図面を参照して説明する。尚、図1乃至図4は第1の実施の形態（数値実施例1）、図5乃至図8は第2の実施の形態（数値実施例2）、図9乃至図12は第3の実施の形態（数値実施例3）をそれぞれ示すものである。

【0011】初めに、各実施の形態における共通の事項について説明する。

【0012】尚、以下の説明において、「S<sub>i</sub>」は物体側から数えてi番目の面、「R<sub>i</sub>」は上記面S<sub>i</sub>の曲率半径、「d<sub>i</sub>」物体側からi番目の面とi+1番目の面との面間隔、「n<sub>dLi</sub>」は第iレンズ（L<sub>i</sub>）のd線（波長587.6nm）での屈折率、「ν<sub>dLi</sub>」は第iレンズ（L<sub>i</sub>）のd線でのアッペ数、「f」はレンズ全系の焦点距離、「Fno.」は開放F値、「ω」半面角を示すものとする。但し、n<sub>d</sub>又はν<sub>d</sub>の後にP、L P、I R及びC Gが付加されたものは、それぞれプリズム、ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ及び撮像素子のカバーガラスの屈折率又はアッペ数を示すものとする。

【0013】また、各実施の形態において用いられるレンズには、レンズ面が非球面によって構成されるものも含まれる。

【0014】非球面形状は、非球面の深さ（レンズ面の頂点からの光軸方向の距離）を「x」、レンズ頂点での曲率半径を「r」、円錐定数を「κ」とすると、 $x = (y^2/r) / (1 + (1 - \kappa \cdot y^2/r^2)^{1/2}) + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10}$  によって定義されるものとする。尚、C<sub>4</sub>、C<sub>6</sub>、C<sub>8</sub>及びC<sub>10</sub>は、それぞれ4次、6次、8次及び10次の非球面係数である。

【0015】第1乃至第3の実施例におけるズームレンズ1、2及び3は、図1、図5及び図9に示すように、物体側から像面1 MG側へと順に、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とから成る。ズームレンズ1乃至3は、第1レンズ群GR1は第1レンズL1及び第2レンズL2から成る2枚のレンズとその間に配置されたプリズム、第2レンズ群GR2は第3レンズL3、第4レンズL4及び第5レンズL5から成る3枚のレンズ、第3レンズ群GR3は第6レンズL6、そして、第4レンズ群GR4は第7レンズL7、第8レンズL8及び第9レンズL9から成る3枚のレンズをそれぞれ有する4群9枚構成のものである。

【0016】また、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3との間には絞りIDが、第4レンズ群GR4と像面1 MGとの間には物体側から順に、ローパスフィルタLP、赤外カットフィルタIR及びC C Dのカバーガラ

スC Gが配置されている。

【0017】そして、上記第2レンズ群GR2と第4レンズ群GR4とを移動させることによりズームングを行うようにしたものであり、短焦点距離端（広角端）から長焦点距離端（望遠端）にズームングするときには、第2レンズ群GR2は物体側から像面側に、第4レンズ群GR4は像位置を保持するように移動するものである。

【0018】尚、ズームレンズ1乃至3のフォーカス調整は、第4レンズ群GR4を移動させることによって為される。

【0019】第1レンズ群GR1は、物体側から順に、負の屈折力を有するメニスカス形状の単レンズの第1レンズL1、光路を90°折り曲げるプリズムP、正の屈折力を有する単レンズの第2レンズL2によって構成したものである。

【0020】ズームレンズ1乃至3は、以下の条件式1及び条件式2を満足するか、または、部第1レンズL1の各面のうち、少なくとも1つの面が非球面によって構成することが好ましい。

$$n_{dL1} > 1.75 \text{ (条件式1)}$$

$$\nu_{dL1} < 30 \text{ (条件式2)}$$

但し、n<sub>dL1</sub>は第1レンズL1のd線での屈折率であり、ν<sub>dL1</sub>は第1レンズL1のd線でのアッペ数である。

【0021】条件式1は、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1を構成する負の屈折力を有する単レンズである第1レンズL1による歪曲収差の発生量を規定するためのものである。即ち、n<sub>dL1</sub>の値が条件式1によって規定される範囲外となると、必要とされる第1レンズ群GR1の屈折力に対して歪曲収差の発生量が大きくなってしまい、これを第4レンズ群GR4の非球面によって補正することができなくなってしまふ。

【0022】条件式2は、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1を構成する負の屈折力を有する単レンズである第1レンズによるL1による色収差の発生量を規定するためのものである。即ち、ν<sub>dL1</sub>の値が条件式2によって規定される範囲外となると、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1内での色収差の発生量が大きくなり、これを補正することはレンズ系全体でも困難となる。

【0023】また、ズームレンズ1乃至3の第1レンズL1の物体側の面S1は、物体側に向けて凸であることが好ましい。これは、上記面S1が物体側に向けて凹であると、該凹面S1で発生する負の歪曲収差が大きくなり、これをレンズ全系で補正することが困難となるからである。

【0024】ズームレンズ1乃至3の第4レンズ群GR4を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1つの面が非球面によって構成されることが、特に、最も像面側に位置するレンズの少なくとも1つの面が非球面によって



構成されていることが望ましい。

【0025】このように、第4レンズ群GR4内のレンズ面のうち、少なくとも1つの面を非球面によって構成すると、第1レンズ群GR1によって発生する広角端における負の歪曲収差を補正することができるようになり、これによって、第1レンズ群GR1の負の屈折力を有する単レンズ（第1レンズ）L1のパワーを強くすることができるようになって、より広い画角を得ることができるようになる。

【0026】更に、ズームレンズ1乃至3は、以下の条件式3を満足するように構成することが好ましい。

$$4.5 < f_{GR1} / f_w < 12 \quad (\text{条件式3})$$

但し、 $f_{GR1}$ は第1レンズ群GR1の焦点距離であり、 $f_w$ はレンズ全系の広角端での焦点距離である。

【0027】条件式3は、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1の焦点距離とレンズ全系の焦点距離との比率を規定するものである。即ち、 $f_{GR1} / f_w$ の値が4.5以下となると、第1レンズ群GR1の正のパワーが強

くなり過ぎて、第1レンズ群GR1内の正の屈折力を有する単レンズである第2レンズL2パワーが大きくなって、この単レンズL2では球面収差の補正ができなくなるか、又は、負の屈折力を有する単レンズである第1レンズのパワーが弱くなってしまって、十分な広画角化が困難になってしまう。また、 $f_{GR1} / f_w$ の値が12以上になると、第1レンズ群GR1の正のパワーが弱くなり過ぎて、ズームレンズ1乃至3の全長が長くなってしまい、小型化が困難となる。

【0028】次に、第1乃至第3の実施例に係わるズームレンズ1乃至3の固有の事項について説明する。

【0029】表1にズームレンズ1の各数値を示す。尚、 $R_i$ の数値の後に（ASP）を付記した面は非球面によって構成されたものである（後述する表4及び表7も同様。）。

【0030】

【表1】

R1=-35.116	d1=1.8	ndL1=1.85000	$\nu$ dL1=23.5
R2=-16.675	d2=5.5		
R3=∞	d3=8.5	ndP=1.56883	$\nu$ dP=56.0
R4=∞	d4=8.5	ndP=1.56883	$\nu$ dP=56.0
R5=∞	d5=0.5		
R6=-46.647	d6=2.8	ndL2=1.76811	$\nu$ dL2=49.7
R7=-38.962	d7=variable		
R8=-84.828	d8=1.1	ndL3=1.84000	$\nu$ dL3=43.0
R9=-14.768	d9=1.1		
R10=-140.620	d10=1.1	ndL4=1.75369	$\nu$ dL4=51.6
R11=-8.969	d11=2.0	ndL5=1.84666	$\nu$ dL5=23.8
R12=-33.236	d12=variable		
R13=∞	d13=1.5		
R14=-9.334(ASP)	d14=2.0	ndL6=1.89610	$\nu$ dL6=40.7
R15=-12.687	d15=variable		
R16=-7.522	d16=3.0	ndL7=1.75955	$\nu$ dL7=50.8
R17=-48.255	d17=1.5	ndL8=1.84666	$\nu$ dL8=23.8
R18=-8.007	d18=3.8	ndL9=1.69369	$\nu$ dL9=53.3
R19=-24.197(ASP)	d19=variable		
R20=∞	d20=1.5	ndLP=1.55282	$\nu$ dLP=63.4
R21=∞	d21=1.2	ndLR=1.51680	$\nu$ dLR=64.2
R22=∞	d22=1.00		
R23=∞	d23=0.75	ndCG=1.55671	$\nu$ dCG=58.6
R24=∞	d24=1.0		
R25=∞			

【0031】上記表1に示すように、ズームレンズ1の

ズームリング及びフォーカシング動作に伴って面間隔d

7、d12、d15及びd19は可変(variable)である。従って、表2に広角端( $f=5.3$ )、望遠端( $f=15.6$ )及び広角端と望遠端との中間焦点位置( $f=9.0$ )におけるd7、d12、d15及びd19の各数値、並びに、FNo.、 $f$ 及び $\omega$ を示す。

【0032】

【表2】

$f$	5.3	9.0	15.5
FNo.	2.4	2.6	3.1
$\omega$	57.0°	24.0°	14.5°
d7	0.8	8.36	13.78
d12	15.01	7.45	2.05
d15	7.02	4.98	2.0
d19	4.82	0.88	0.84

【0033】また、第3レンズ群GR3の第6レンズL6の物体側の面S14及び第4レンズ群GR4の第9レンズL9の像面側の面S19は非球面によって構成されている。以下の表3に上記面S14及びS19の4次、6次、8次及び10次の非球面係数C4、C6、C8及びC10を示す。

【0034】

【表3】

	$\kappa$	C4	C6	C8	C10
S14(R14)	0	-0.01423-04	0.87758-05	-0.45086-06	0.15908-07
S19(R19)	0	0.12178-02	0.24588-04	0.12368-05	0.12358-07

【0035】尚、上記表3中の「E」は、10を底とする指数表現を意味するものとする。(後述する表7及び表11においても同様。)

【0036】図2乃至図4にズームレンズ1の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図をそれぞれ示す。尚、球面収差図において、実線はe線(波長546.1nm)、点線(ピッチの短い方の破線)はc線(波長656.3nm)、一点鎖線はd線、破線はf線(波長486.1nm)、二点鎖線はg線(波長435.8nm)における値を示すものであり、非点収差図

において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を示すものである。

【0037】上記ズームレンズ1においては、第4レンズ群GR4を3枚のレンズL7、L8及びL9の接合レンズによって構成することにより、第4レンズ群GR4内での偏心による像面の倒れを小さくし、製造をも容易にするようにしたものである。

【0038】表4にズームレンズ2の各数値を示す。

【0039】

【表4】

R1=43.203	d1=2.0	nd1=1.84666	$\nu$ d1=23.8
R2=16.064	d2=4.0		
R3=∞	d3=0.5	ndP=1.56883	$\nu$ dP=56.0
R4=∞	d4=6.5	ndP=1.56883	$\nu$ dP=56.0
R5=∞	d5=0.5		
R6=40.072	d6=2.3	ndL2=1.83600	$\nu$ dL2=43.0
R7=40.072	d7=variable		
R8=100.120	d8=1.1	ndL3=1.83600	$\nu$ dL3=43.0
R9=11.900	d9=1.20		
R10=∞	d10=1.0	ndL4=1.75359	$\nu$ dL4=51.6
R11=7.755	d11=2.2	ndL5=1.84686	$\nu$ dL5=23.8
R12=31.164	d12=variable		
R13=∞	d13=1.5		
R14=8.845(ASP)	d14=1.5	ndL6=1.80350	$\nu$ dL6=53.3
R15=12.742	d15=variable		
R16=9.060	d16=2.5	ndL7=1.80350	$\nu$ dL7=53.3
R17=9.060	d17=1.0	ndL8=1.84666	$\nu$ dL8=23.8
R18=104.131	d18=4.75		
R19=36.896(ASP)	d19=1.0	ndL9=1.49200	$\nu$ dL9=57.2
R20=24.197(ASP)	d20=variable		
R21=∞	d21=1.5	ndLP=1.55232	$\nu$ dLP=63.4
R22=∞	d22=1.2	ndLR=1.51050	$\nu$ dLR=64.2
R23=∞	d23=1.0		
R24=∞	d24=0.75	ndCG=1.56871	$\nu$ dCG=68.6
R25=∞	d25=1.0		
R26=∞			

【0040】上記表4に示すように、ズームレンズ2のズーム及びフォーカシング動作に伴って間隔d7、d12、d15及びd20は可変(variable)である。従って、表5に広角端( $f=5.3$ )、望遠端( $f=15.5$ )及び広角端と望遠端との中間焦点位置( $f=9.0$ )におけるd7、d12、d15及びd20の各数値、並びに、FNo.、 $f$ 及び $\omega$ を示す。

【0041】

【表5】

$f$	5.3	9.0	15.5
FNo.	2.8	3.1	3.8
$\omega$	37.0°	34.0°	14.5°
d7	0.8	7.17	11.4
d12	12.05	5.28	2.05
d15	8.99	5.09	2.0
d20	3.67	6.57	10.06

【0042】また、第3レンズ群GR3の第6レンズL6の物体側の面S14及び第4レンズ群GR4の第9レンズL9の物体側の面S19及び像面側の面S20は非球面によって構成されている。以下の表6に上記面S14、S19及びS20の4次、6次、8次及び10次の非球面係数C4、C6、C8及びC10を示す。

【0043】

【表6】

	$\kappa$	C4	C6	C8	C10
S14(R14)	0	-0.1224E-03	0.0670E-05	-0.1144E-05	0.4671E-07
S19(R10)	0	-0.0497E-03	0.3720E-04	-0.6771E-05	0.3284E-06
S20(R20)	0	-0.5412E-04	0.7292E-04	-0.8809E-05	0.4530E-06

【0044】図6乃至図8にズームレンズ2の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図をそれぞれ示す。尚、球面収差図において、実線はe線、点線はC線、一点鎖線はd線、破線はF線、二点鎖線はg線における値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオン像面における値を示すものである。

【0045】また、ズームレンズ2においては、第4レンズ群GR4の第9レンズL9にプラスチック製の非球面レンズを使用し、小型化、高性能化と共に、安価に製造できるズームレンズを構成している。

【0046】表7にズームレンズ3の各数値を示す。

【0047】

【表7】

R1=95.041	d1=1.8	nd1=1.85000	$\nu$ d1=23.5
R2=18.218(ASP)	d2=6.5		
R3=∞	d3=8.5	nd=1.56883	$\nu$ d=56.0
R4=∞	d4=8.5	nd=1.56883	$\nu$ d=56.0
R5=∞	d5=0.5		
R6=32.206	d6=2.8	ndL3=1.76950	$\nu$ dL2=49.9
R7=56.283	d7=variable		
R8=53.723	d8=1.1	ndL3=1.84000	$\nu$ dL3=43.0
R9=17.458	d9=1.1		
R10=∞	d10=1.0	ndL4=1.84000	$\nu$ dL4=43.0
R11=7.863	d11=2.0	ndL5=1.83916	$\nu$ dL5=23.6
R12=48.420	d12=variable		
R13=∞	d13=1.5		
R14=18.484(ASP)	d14=2.0	ndL5=1.80610	$\nu$ dL6=40.7
R15=15.006	d15=variable		
R16=7.889	d16=3.0	ndL7=1.79554	$\nu$ dL7=46.6
R17=33.011	d17=1.5	ndL8=1.80688	$\nu$ dL8=25.6
R18=8.097	d18=3.3	ndL8=1.69850	$\nu$ dL9=53.3
R19=32.085(ASP)	d19=variable		
R20=∞	d20=1.5	ndLP=1.56232	$\nu$ dLP=63.4
R21=∞	d21=1.2	ndLR=1.51880	$\nu$ dLR=64.2
R22=∞	d22=1.0		
R23=∞	d23=8.75	ndC6=1.55671	$\nu$ dC6=68.6
R24=∞	d24=1.0		
R25=∞			

【0048】上記表7に示すように、ズームレンズ3のズームング及びフォーカシング動作に伴って間隔d7、d12、d15及びd19は可変(variable)である。従って、表8に広角端( $f=5.3$ )、望遠端( $f=15.5$ )及び広角端と望遠端との中間焦点位置( $f=9.0$ )におけるd7、d12、d15及びd19の各数値、並びに、FNo.、 $f$ 及び $\omega$ を示す。

【0049】

【表8】

f	5.3	9.0	15.5
FNo.	2.4	2.6	3.1
$\omega$	37.0°	24.0°	14.5°
d7	0.8	0.08	13.2
d12	14.41	7.12	2.0
d15	7.26	5.11	2.0
d19	5.19	7.34	10.45

【0050】また、第1レンズ群の第1レンズL1の像面側の面S2、第3レンズ群GR3の第6レンズL6の物体側の面S14及び第4レンズ群GR4の第9レンズL9の像面側の面S19は非球面によって構成されている。以下の表3に上記面S2、S14及びS19の4次、6次、8次及び10次の非球面係数C4、C6、C8及びC10を示す。

【0051】

【表9】

	$\kappa$	C4	C6	C8	C10
S2(R2)	0	-0.4475E-05	0.2083E-07	-0.8283E-10	-0.7920E-12
S14(R14)	0	-0.6561E-04	0.1709E-05	-0.1885E-06	0.6961E-08
S19(R19)	0	0.1068E-02	0.2442E-04	0.4787E-06	0.3475E-07

【0052】ズームレンズ3においては、上記したように、第1レンズ群GR1内の第1レンズL1の像面側の面S2を非球面によって構成することによって、像面湾曲及び長焦点距離域での球面収差を補正するようにしている。

【0053】図10乃至図12にズームレンズ3の広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図をそれぞれ示す。尚、球面収差図において、実線はe線、点線はC線、一点鎖線はd線、破線はF線、二点鎖線はg線における値を示すものであり、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値を

示すものである。

【0054】上記ズームレンズ3においては、第1の実施例におけるズームレンズ1と同様に、第4レンズ群GR4を3枚のレンズL7、L8及びL9の接合レンズによって構成することにより、第4レンズ群GR4内での偏心による像面の倒れを小さくし、製造をも容易にするようにしたものである。

【0055】以下の表10に上記第1乃至第3の実施例に示したズームレンズ1乃至3の条件式1乃至3の各条件を求めるための各数値及び各条件式の値を示す。

【0056】

【表10】

実施の形態	ndL1	$\nu dL1$	fGR1	f <sub>w</sub>	fGR1/f <sub>w</sub>
1	1.85000	23.5	38.29	5.9	7.22
2	1.84066	23.8	32.99	5.9	6.22
3	1.85000	23.5	38.94	5.9	6.97

【0057】ズームレンズ1乃至3は、上記表10からも明らかなように、条件式1乃至3の条件を満足し、また、各収差図に示すように、広角端、広角端と望遠端との中間焦点位置及び望遠端において、各種収差もバランス良く補正されている。

【0058】このように、ズームレンズ1乃至3は、広角端における画角が74°と、十分に広角領域を含むものであり、各種収差も良好に補正されているため、特に、画素数の多い撮像素子を使用したデジタルスチルカメラ用として好適なものである。

【0059】尚、前記実施の形態において示した各部の具体的な形状及び構造は、何れも本発明を実施するに当たっての具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【0060】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように本発明ズームレンズは、物体側から像面側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とから成り、上記第2レンズ群と第4レンズ群とを移動させることによりズームを行うようにしたズームレンズにおいて、第1レンズ群を物体側から順に、負の屈折力を有する単レンズの第1レンズ、光路を折り曲げるプリズム、正の屈折力を有する単レンズの第2レンズによって構成したもので、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の小型の撮像機器に最適な変倍比3倍程度のズームレンズを小型化することができる。

【0061】請求項2に記載したズームレンズにおいて、ndL1を第1レンズのd線での屈折率、 $\nu dL1$ を第1レンズのd線でのアッベ数とすると、ndL1>

1.75、 $v d L 1 < 3.0$ の各条件を満足するようにしたので、第1レンズ群で発生する歪曲収差及び色収差を良好に補正することができる。

【0062】請求項3に記載したズームレンズにあっては、第1レンズの少なくとも1の面を非球面によって構成したので、像面湾曲及び長焦点距離域における球面収差を良好に補正することができる。

【0063】請求項4乃至請求項6に記載した発明にあっては、第1レンズの物体側を向いた面を凸面としたので、レンズ全系で補正することが困難となる負の歪曲収差が大きくなることがない。

【0064】請求項7乃至請求項12に記載した発明にあっては、第4レンズ群を構成するレンズの各面のうち、少なくとも1面を非球面によって構成したので、第1レンズ群より発生する広角端における負の歪曲収差を効果的に補正することができるようになるので、第1レンズ群の負の単レンズのパワーを強くすることが可能になって、より広い画角を得ることができるようになる。

【0065】請求項13乃至請求項24に記載した発明にあっては、 $f_{GR1}$ を第1レンズ群の焦点距離、 $f_w$ をレンズ全系のワイド端での焦点距離とすると、 $4.5 < f_{GR1}/f_w < 1.2$ の条件を満足するようにしたので、球面収差の補正、十分な広画角化及び小型化を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図2乃至図4と共に、本発明ズームレンズの第1の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図2】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収

差を示す図である。

【図3】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図4】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図5】図6乃至図8と共に、本発明ズームレンズの第2の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図6】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図7】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図8】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図9】図10乃至図12と共に、本発明ズームレンズの第3の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を示す概略図である。

【図10】広角端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

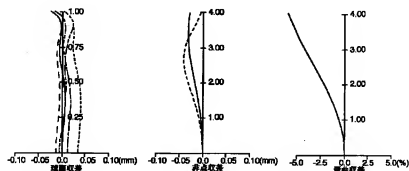
【図11】広角端と望遠端との中間焦点位置における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図12】望遠端における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

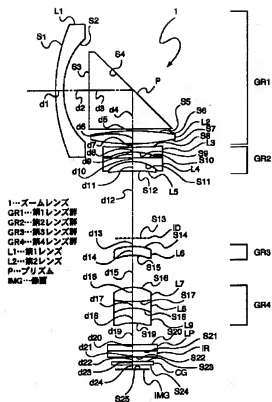
【符号の説明】

1…ズームレンズ、2…ズームレンズ、3…ズームレンズ、GR1…第1レンズ群、GR2…第2レンズ群、GR3…第3レンズ群、GR4…第4レンズ群、L1…第1レンズ、L2…第2レンズ、P…プリズム、IMG…像面

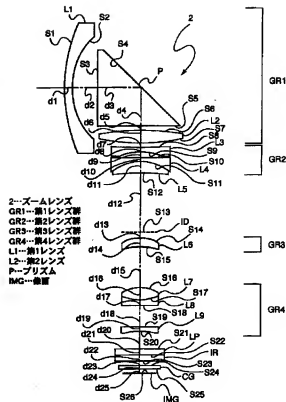
【図2】



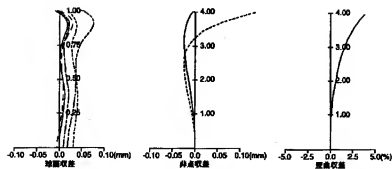
【図1】



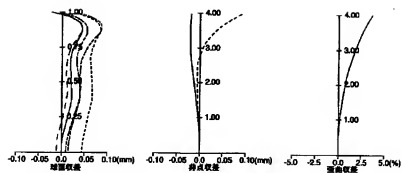
【図5】



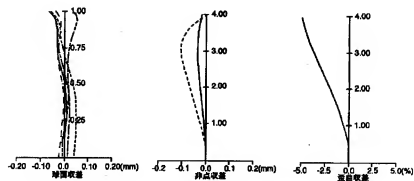
【図3】



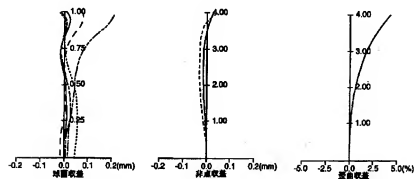
【図4】



【図6】

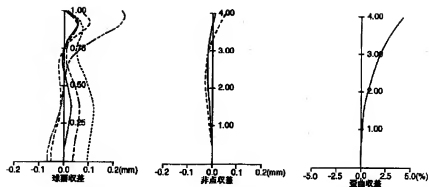


【図7】

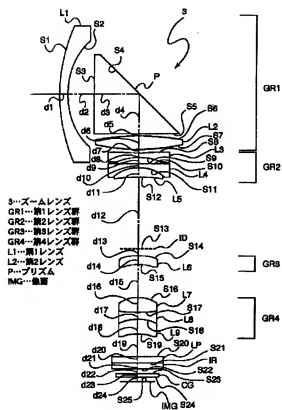




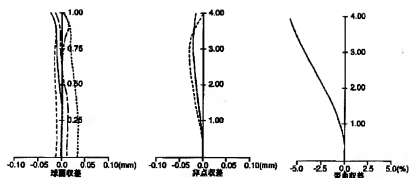
【図8】



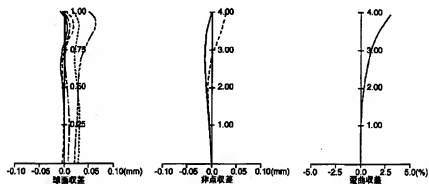
【図9】



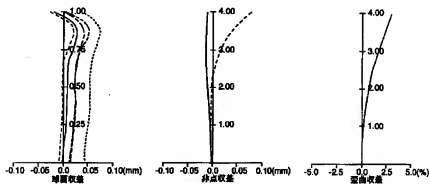
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA03 MA15 PA06 PA07 PA19  
PB09 QA02 QA06 QA17 QA21  
QA26 QA32 QA37 QA42 QA45  
RA05 RA12 RA32 RA41 RA43  
SA23 SA27 SA29 SA32 SA63  
SA65 SB03 SB14 SB22 SB34  
TA03